



## Efek Aditif SiO<sub>2</sub> Terhadap Suhu Sintering Keramik Alumina dan Karakteristiknya

Djuhana<sup>1,a</sup>, Mulyadi<sup>1,2,b</sup>, dan Sunardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Serpong 15314, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

E-mail: <sup>a</sup>djuhana282@gmail.com; <sup>b</sup>dosen01545@unpam.ac.id

Masuk : 28 Februari 2018    Direvisi : 22 Maret 2018    Disetujui : 30 Mei 2018

**Abstrak:** Sintering keramik alumina dilakukan dengan aditif SiO<sub>2</sub> dari pasir silika. Komposisi silika divariasikan yaitu 0 %, 5 % dan 10 % berat. Kedua bahan baku ditimbang, di campur menggunakan media aquades dan digiling menggunakan rotary ball mill selama 10 jam. Selanjutnya capuran tersebut di keringkan untuk menguapkan aquades menggunakan pengering pada suhu 100°C selama 12 jam. Kemudian campuran serbuk tersebut diukur distribusi ukuran partikel menggunakan Laser Particle Size. Selanjutnya serbuk tersebut dicampur dengan perekat PVB sebanyak 2% berat dan dilanjutkan dicetak dengan gaya 10 tonf untuk membentuk pellet. Kemudian pelet tersebut disintering menggunakan Thermolyn Furnace pada suhu 1200, 1300, 1400 dan 1500°C dengan waktu penahanan 2 jam dan heating rate 10°C/menit. Hasil pengukuran particle size menunjukkan bahwa serbuk setelah di milling memiliki ukuran diameter rata-rata adalah 18,48 µm. Hasil dari karakterisasi diperoleh kondisi yang optimum yaitu sampel dengan penambahan 10 % SiO<sub>2</sub> dan suhu sintering 1500°C memiliki bulk densitas tertinggi 3,36 g/cm<sup>3</sup> dan porositas 1,06 %, hardness vickers tertinggi = 780 Hv. Penambahan SiO<sub>2</sub> sampai 10 % berat tidak menimbulkan rekasi dengan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, terlihat tidak ada pembentukan fasa baru dari hasil XRD, dan fasa yang terbentuk adalah fasa corundum (α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

**Kata kunci:** Keramik alumina, SiO<sub>2</sub>, sintering, vickers hardness, corundum

**Abstract:** Sintering of alumina ceramics was carried out with SiO<sub>2</sub> additives from silica sand. The composition of silica is varied, ie 0%, 5% and 10% by weight. Both raw materials are weighed, mixed using aquades media and ground using a rotary ball mill for 10 hours. Then the mixture is dried to evaporate the distilled water using a dryer at 100°C for 12 hours. Then the powder mixture is measured particle size distribution using Laser Particle Size. Furthermore, the powder is mixed with PVB adhesive as much as 2% by weight and continued to print with 10 tonf style to form pellets. Then the pellets are sintered using Thermolyn Furnace at 1200, 1300, 1400 and 1500°C with a holding time of 2 hours and a heating rate of 10°C / minute. Particle size measurement results show that the powder after milling has an average diameter size of 18.48 µm. The results of the characterization obtained the optimum conditions, namely samples with the addition of 10% SiO<sub>2</sub> and sintering temperature 1500°C have the highest bulk density 3.36 g/cm<sup>3</sup> and 1.06% porosity, the highest hardness vickers = 780 Hv. The addition of SiO<sub>2</sub> to 10% by weight does not cause a reaction with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, it appears that there is no new phase formation from the XRD results, and the formed phase is the corundum phase (α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

**Keywords:** Alumina ceramics, SiO<sub>2</sub>, sintering, hardness vickers, corundum

## PENDAHULUAN

Alumina dengan formula Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki struktur kristal politropi yaitu memiliki formula yang sama tetapi memiliki struktur kristal yang berbeda seperti misalnya : γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, δ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [1]. Alumina memiliki titik leleh sekitar 2040°C, dan memiliki stabilitas kimia dan panas, kekuatan mekanik yang relatif tinggi, bersifat konduktor panas dan bersifat isolator listrik [2]. Bahan baku alumina cukup melimpah di Indonesia dalam bentuk mineral bauksit[1,2].

Sintering adalah salah satu bagian terpenting dalam proses fabrikasi produk keramik. Sebagian besar produk keramik dibentuk melalui metoda ekstrusi, pengecoran (slip casting) dan metoda kompaksi dengan tekanan tinggi. Selanjutnya dari proses pembentukan dihasilkan produk yang disebut green body untuk dilakukan proses sintering. Sintering adalah proses pemadatan dari gabungan atau kelompok serbuk hasil dari proses pencetakan dan berlangsung pada suhu dibawah titik leburnya.[3]. Pada proses sintering terjadi peristiwa transfer massa material yang dapat menimbulkan perubahan mikro struktur seperti : pembesaran butir (grain growth), pengecilan pori serta terjadi penyusutan [4.]. Pada bahan keramik, pertumbuhan butir dapat terjadi dengan pertumbuhan butir normal dan abnormal [4,5]. Jadi, pengendalian pertumbuhan butir abnormal penting dalam mencapai kerapatan yang homogen dan lebih tinggi. Pada dasarnya, dalam pembuatan produk keramik agar dapat tercapai nilai kerapatan yang tinggi perlu dilakukan kontrol terhadap laju pertumbuhan butir. Salah satu cara untuk dapat mencegah terjadinya pertumbuhan butir yang abnormal antara lain dengan penggunaan aditif (dopan) agar mendapatkan yang diinginkan[6,7]. Penggunaan aditif pada proses fabrikasi produk keramik dapat menghasilkan produk dengan densitas dan grain structure yang tinggi [6].

Keramik alumina memiliki titik lebur yang sangat tinggi sekitar 2040°C, oleh karena itu untuk menghasilkan produk keramik alumina dengan densitas maksimal diperlukan suhu sintering mendekati titik lebur, yaitu sekitar 1700 – 1800°C [2,9]. Ada beberapa cara agar suhu sintering dapat diturunkan dengan tetap mencapai densitas yang tinggi, misalnya : melakukan penghalusan bahan baku, dapat juga dilakukan dengan penambahan aditif yang berfungsi sebagai aditif sintering, seperti misalnya aditif :  $\text{SiO}_2$ , Borax,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  and so on [10]. Dengan menambahkan bahan aditif sintering dapat menurunkan suhu sintering, dan tentunya dapat menurunkan pemakaian energy, sehingga biaya produksi dapat menurun [10]. W. Liu, Z. Xie melaporkan hasil penelitian bahwa dengan memperhalus ukuran partikel alumina sampai submikron dapat mencapai densifikasi 90,0 % pada suhu sintering 1500°C[10].

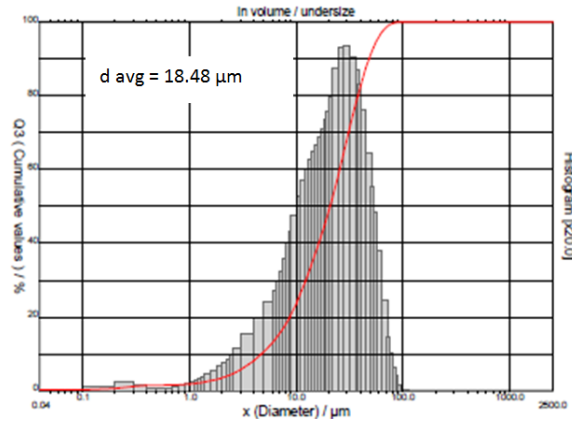
Pada penelitian yang dilakukan ini menggunakan aditif silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebagai aditif sintering keramik alumina. Disamping tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi penambahan aditif  $\text{SiO}_2$  terhadap suhu sintering keramik alumina.

## METODOLOGI

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan keramik alumina adalah : serbuk Pa-E merk  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dan bahan aditif adalah pasir silika ( $\text{SiO}_2$ ). Komposisi penambahan amorf  $\text{SiO}_2$  adalah : 0, 5 dan 10 %berat. Kedua bahan baku ditimbang sesuai dengan komposisi , kemudian di campur dengan aquadest dan digiling menggunakan ball mill selama 10 jam. Selanjutnya dari hasil *milling* dikeringkan dalam lemari pengering pada suhu 100°C selama 2 jam. Campuran serbuk yang telah kering kemudian dicampur dengan bahan perekat 2 % berat Poly Vinyl Butyral (PVB). Selanjutnya serbuk tersebut dimasukkan kedalam cetakan dan ditekan dengan hidrolik press dengan 10 tonf untuk membentuk pelet. Sampel pelet di sintering menggunakan tungku listrik pada suhu sintering 1200, 1300, 1400 dan 1500°C dan heating rate 10°C/minute, waktu penahanan untuk setiap suhu sintering adalah 2 jam. Sampel pelet yang telah di sintering dilakukan pengujian yang meliputi : pengukuran densitas dan porositas, pengukuran kekerasan vickers dan analisa struktur kristal dengan menggunakan X-Ray Diffractometer.

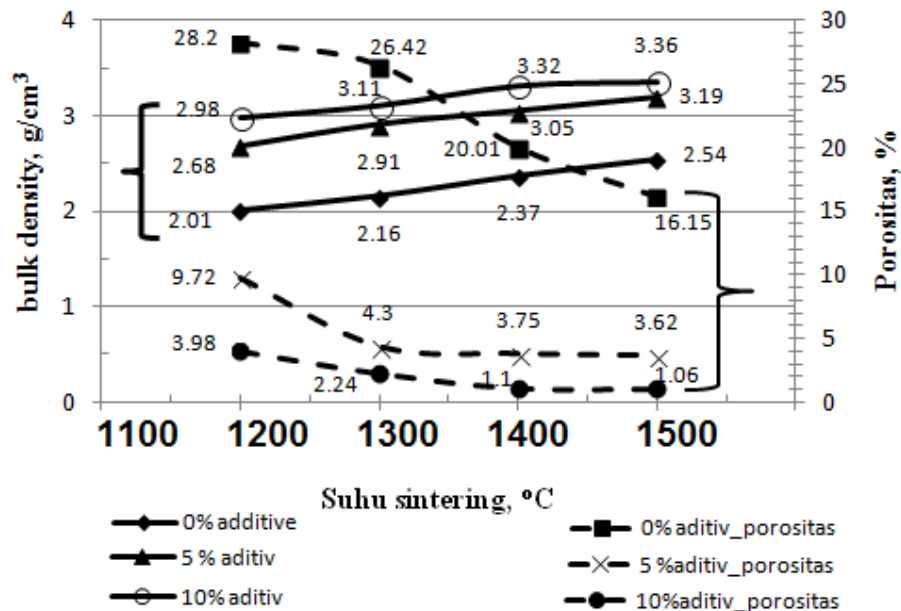
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Campuran serbuk yang telah di milling dengan ball mill selama 10 jam diukur distribusi ukuran partikel menggunakan Laser Particle Size. Gambar 1 menunjukkan kurva distribusi ukuran partikel serbuk setelah milling selama 10 jam.



**Gambar 1.** Kurva distribusi ukuran partikel sampel yang telah di *milling* 10jam

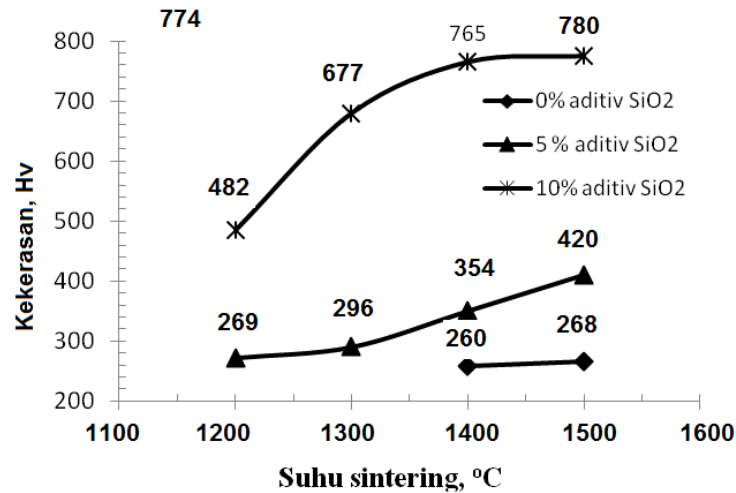
Dari gambar 1 menunjukkan bahwa kurva distribusi ukuran partikel sedikit menyempit, sehingga dapat dikatakan ukuran partikel cukup homogen, diperoleh ukuran diameter partikel rata-rata adalah = 18,48  $\mu\text{m}$ . Hasil pengukuran bulk densitas dan porositas dari sampel keramik alumina dengan berbagai komposisi aditif SiO<sub>2</sub> serta berbagai suhu sintering diperlihatkan pada gambar 2. Nilai densitas cenderung meningkat dengan naiknya suhu sintering maupun dengan meningkatnya penambahan SiO<sub>2</sub>, tetapi sebaliknya untuk nilai porositas cenderung menurun. Penambahan SiO<sub>2</sub> sebagai aditif sintering keramik alumina dapat mempercepat proses difusi materi diantara permukaan butiran (*grain*), sehingga terjadi peningkatan densifikasi. Densitas teoritis dari Alumina (corundum -  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) adalah sekitar 3,89 – 3,90  $\text{g/cm}^3$  [10]. Dari hasil yang diperoleh dari penelitian ini bila nilai densitas yang dicapai dibandingkan dengan densitas teoritis, maka densifikasinya baru tercapai = 86,15 %.



**Gambar 2.** Kurva Bulk density dan porositas dari sampel yang telah disintering.

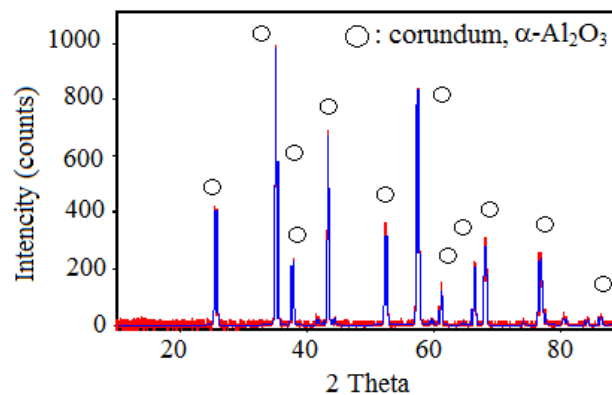
Nilai densitas cenderung meningkat dengan naiknya suhu sintering maupun dengan meningkatnya penambahan SiO<sub>2</sub>, tetapi sebaliknya untuk nilai porositas cenderung menurun. Nilai porositas terendah dicapai sekitar 1,06 – 1,01 %, belum tercapainya porositas mendekati 0 % kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain : ukuran butiran kurang halus dan tekanan kompaksi pembentukan pelet kurang tinggi. Penambahan SiO<sub>2</sub> sebagai aditif sintering keramik alumina juga dapat mempercepat proses difusi materi diantara permukaan butiran (*grain*), sehingga terjadi peningkatan densifikasi. Densitas teoritis dari Alumina (corundum -  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) adalah sekitar 3,89 – 3,90  $\text{g/cm}^3$  [10]. Dari hasil yang diperoleh dari penelitian ini bila nilai densitas yang dicapai dibandingkan dengan densitas teoritis, maka densifikasinya baru tercapai = 86,15 %. Hasil pengukuran kekerasan vickers sampel yang telah disintering dilakukan menggunakan microhardness tester dengan beban 500 gf. Gambar

3 menunjukkan hasil pengukuran kekerasan vickers. Dari gambar 3 memperlihatkan bahwa sampel tanpa aditif  $\text{SiO}_2$  dan disintering pada suhu  $1200^\circ\text{C}$  dan  $1300^\circ\text{C}$  tidak dapat diukur kekerasan vickers nya, karena masih banyak pori-pori dan juga masih belum padat. Semakin besar penambahan aditif  $\text{SiO}_2$  dan semakin tinggi suhu sinteringnya, maka nilai kekerasan vickers cenderung meningkat. Tentunya hal ini berkaitan dengan nilai densitas, yang juga semakin padat maka nilai kekerasan juga semakin besar. Nilai tertinggi kekerasan vickers yaitu 780 Hv pada sampel keramik Alumina yang telah disintering suhu  $1500^\circ\text{C}$  dan dengan aditif  $\text{SiO}_2$  sebanyak 10 %.



**Gambar 3.** Kurva kekerasan vickers dari sampel yang telah disintering.

Hasil analisa dengan difraksi sinar X untuk sampel keramik alumina dengan aditif 10 % berat  $\text{SiO}_2$  dan disintering pada suhu  $1500^\circ\text{C}$  diperlihatkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Pola difraksi sinar X dari sampel dengan aditif 10 % berat  $\text{SiO}_2$  dan disintering pada suhu  $1500^\circ\text{C}$

Dari pola difraksi sinar X pada gambar 4, teridentifikasi hanya adanya fasa corundum ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), dengan penambahan amorfus  $\text{SiO}_2$  sebanyak 10 % tidak menimbulkan reaksi dengan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

## KESIMPULAN

Aditif  $\text{SiO}_2$  pada proses sintering keramik alumina memberikan efek yang signifikan terhadap nilai densitas, porositas dan kekerasan, tetapi dengan penambahan sampai 10% berat tidak menimbulkan perubahan struktur kristal alumina. Komposisi optimum aditif  $\text{SiO}_2$  adalah 10% berat dan suhu sintering adalah  $1500^\circ\text{C}$ . Pada kondisi optimum ini dapat tercapai densifikasi sebesar 86,15%, nilai kekerasan vicker mencapai 780 Hv.

## REFERENSI

- [1] Suvacı E 2008 *Sintering of Ceramics Theory and Practice*, Anadolu University Department of Materials Science and Engineering 26480 Eskisehir, Turkey
- [2] Roy R S, Mitra M and Basu D 2005 *Trends Biomater. Artif. Organs* **18**(2)
- [3] Acchar W, Silveira G C, Mello-Castanho S R H and Segadães A M 2006 *Advances in Science and Technology* **45** 2212
- [4] Harun Z, Ismail N F, Badarulzaman N A 2012 *Advanced Materials Research* **488-489** 335
- [5] Lóh N J, Simão L, Faller C A, Jra A D N and Montedo O R K 2016 *Ceramic International* **42** 12556
- [6] Figiel P, Rozmus M and Smuk B 2014 *Journal o of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* **48**(1)
- [7] Hashmi M U, Shah S A, Umer F and Alkedy A S 2013 *Ceramics – Silikáty* **57**(4) 313
- [8] Lo C L and Duh J G 2003 *Journal of Materials Science* **38** 693
- [9] Yu P C and Yen F S 2006 *Key Engineering Materials* **313** 59
- [10] Liu W and Xie Z 2014 *Science of Sintering* **46** 3